

## БИОУПРАВЛЕНИЕ В МУЗЫКАЛЬНОМ ТВОРЧЕСТВЕ

612.014.421.7: 612.821.35.88

О.М. Базанова, М.Б. Штарк

### БИОУПРАВЛЕНИЕ В ОПТИМИЗАЦИИ МУЗЫКАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ГУ НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, Новосибирск

“Никогда пальцы не должны препятствовать исполнению творческого замысла.”

*Carl Czerny (Карл Черни)*

Исследование посвящено в первой своей части изучению функционального оптимума исполнительской музыкальной деятельности, а во второй – обучению музыкантов саморегуляции и произвольному изменению своего статуса с использованием технологии биоуправления.

В первой части работы приводится определение размерности оптимума музыкальной перцепции, слухомоторной координации, тонического напряжения, самоконтроля в параметрах электромиографического–электроэнцефалографического (ЭМГ–ЭЭГ) паттернов. При сравнении психофизиологических характеристик 93 музыкантов и немусыкантов были обозначены ЭЭГ-, ЭМГ-маркеры музыкальной перцепции, успешного игрового движения, способности к самоконтролю. К ним были отнесены: увеличение мощности, индексов и когерентности альфа- и SMR-ритмов ЭЭГ, ответственных за способность к самоконтролю и слухомоторной координации; снижение амплитуды ЭМГ показателей, которые отвечают за свободу и пластичность игрового движения; падение порога чувствительности музыкальной перцепции; снижение тета/бета отношений, отвечающих за способность к концентрации внимания при исполнительской деятельности.

Высокий уровень оптимизации исполнительского мастерства предполагает наиболее яркие проявления всех этих качеств: для музыкантов с низким уровнем оптимизации характерны сценическое волнение, зажатость исполнительского движения, болевой профессиональный мышечный спазм и пр. Определенные в первой части нашей работы параметры размерности оптимума исполнительской деятельности музыканта могут быть измерены, а затем реализованы с использованием технологии нейробиоуправления, опираясь на механизмы адаптивной обратной связи.

Вторая часть исследования посвящена попытке найти место технологии биоуправления в совершенствовании музыкального исполнительского мастерства, обучении и коррекции функционального оптимума музыкантов-исполнителей на примере анализа сеансов альфа-SMR-ЭМГ-биоуправления.

В соответствии с установленным индивидуальным профилем (“размерностью”) ЭЭГ и ЭМГ показателей и отмечаемыми расстройствами проводились следующие варианты биоуправления: альфа-стимулирующий тренинг при выраженном ситуационном триллинге, синдроме “зажатости”, мышечном болевом спазме; биоуправление по сенсомоторному ритму при нарушениях слухомоторной координации, синдроме “зажатости”, дефиците внимания; тета/бета-ингибирующий тренинг в случае дефектов концентрации внимания; ЭМГ-ингибирующий тренинг при синдроме “зажатости”, мышечном болевом спазме.

Анализ материала позволяет заключить, что альфа-SMR-ЭМГ-биоуправление следует рассматривать как атрибут преподавания музыкального исполнительства. Успешность оптимизации игрового движения с помощью технологии биоуправления зависит от точности изначальной диагностики частотно-спектральных характеристик ЭЭГ. Настоящее исследование предоставляет доказательство того, что технология биоуправления по альфа-, SMR-ритмам мозга и ЭМГ показателям может стать универсальным средством обучения музыкантов в достижении состояния оптимального функционирования.

**Ключевые слова:** электромиографическое и электроэнцефалографическое биоуправление, музыкальная деятельность

По образному выражению Карла Черни “... в исполнительстве сердце, разум и руки должны работать в согласии. Сердце должно переполняться чувством прекрасного, мозг должен разумно распорядиться этими эмоциями, а руки не должны препятствовать претворению в жизнь музыкальных идей, рожденных в сердце и контролируемых мозгом”. “Работать в согласии” – означает, что должна функционировать оптимальная система саморегуляции [30]. Одним из путей к пониманию на качественном уровне нелинейной системы саморегуляции, по мнению М. Хатчсона [27], является установле-

ние размерности данного состояния или динамически развивающегося статуса организма. На современном этапе изучения психофизиологических характеристик музыкальной деятельности проведено исследование феноменов слухомоторной координации, музыкальной перцепции, креативности в терминах FMRI- (12, 34), ЭМГ-(3, 10) и ЭЭГ-анализа [2, 32]. Известно также, что исполнительские способности музыкантов развиваются с возрастом и по мере приобретения практического опыта [19]. Однако остается не выясненным вопрос возможности произвольного динамического контроля музыка-

льных способностей и путей достижения наиболее рационально организованного исполнительства так, чтобы сценическое волнение, активность мышц, концентрированность и креативность не были чрезмерными или, наоборот, недостаточными. Пути и средства достижения некоего функционального оптимума пока остаются недостаточно изученными. Цель первой части настоящего исследования и состоит в определении параметров оптимального функционирования музыканта-исполнителя, приводящего его к успеху.

В такой сложнейшей психофизиологической деятельности, коим является музыкальное исполнительство, где к движению предъявляются требования точности, тонкой дифференцировки мышечных напряжений, слухомоторной координации, скоростных умений, самоконтроля и концентрации внимания, вопрос о том, насколько рациональным и совершенным по своей структуре будет способ выполнения игрового движения, имеет определяющее значение, поэтому одной из главных задач обучения техническому мастерству является отбор наиболее рациональных двигательных игровых приемов и саморегуляции [3, 6, 8, 11].

Недостаточное внимание к этому вопросу, неосведомленность музыкантов в природных закономерностях формирования двигательных навыков и концентрации внимания, обучение методом “проб и ошибок” приводит к стихийности в развитии техники, нерациональности функционирования двигательного аппарата, невозможности самоконтроля слухомоторной координации, развитию профессионального мышечного спазма, боязни сцены. Эти нарушения отражаются в снижении мощности альфа- и SMR-ритмов [34], росте электромиографических показателей [10, 23–25].

Обычная коррекция профессиональных спазмов и психоэмоциональных нарушений у музыкантов (методы физио-, психо- и лекарственной терапии) направлена на “верхушку айсберга”, то есть не на причину расстройства, а на его следствие – клинические проявления. Для осуществления профилактики профессионального мышечного спазма, формирования эффективного паттерна движения и преодоления сценического волнения исполнителей требуется поиск новых и эффективных способов регуляции этих состояний.

Поскольку биоуправление можно представить как обучение индивидуума балансировать на оптимальной позиции активации–деактивации либо ингибирования–деингибирования, то и в музыкальной деятельности адаптивная обратная связь может быть использована не только в качестве лечебной и реабилитационной технологии, предназначенной для коррекции психоэмоциональных нарушений [17, 29, 31], но также и эффективного метода обучения [10, 25]. Использование нейробиоуправления в психотерапевтической практике при реабилитации психосоматической патологии и нарушений поведения свидетельствует о том, что биоуправление преимущественнее, чем целебное или педагогическое воздействие, проводимое на пассивном ученике [1, 16]. Это активный сознательный процесс, основанный на обучении индивидуума оптимизировать функции организма.

С учетом того, что исполнительские способности музыканта развиваются и подвержены сознательному контролю, целью второй части исследования было изу-

чение возможности использования технологии биоуправления для обучения оптимальному паттерну исполнительских движений и восстановлению психосоматических нарушений у музыканта.

**Методика.** Сорок два мужчины и пятьдесят одна женщина в возрасте от 18 до 52 лет были приглашены для участия в эксперименте. В соответствии с проведенным анкетированием все они были разделены на четыре группы:

1-ая – высокопрофессиональные музыканты, получившие международное признание (11 человек) (ММ), которые занимаются музыкой в среднем  $25,1 \pm 15,3$  лет, являются солистами филармоний России, Германии, Македонии, лауреатами международных конкурсов, еженедельная практика которых составляет в среднем  $44,9 \pm 13,1$  ч;

2-ая – музыканты-теоретики (профессионалы неисполнительских специальностей) ( $n=22$ ) (ТМ), занимающиеся музыкой в среднем  $20,3 \pm 5,2$  года на момент исследования; здесь исполнительская практика не превышает  $7,4 \pm 5,0$  ч в неделю;

3-ья – родители профессиональных музыкантов, не являющиеся музыкантами ( $n=15$ ) (РМ). Большинство из них ( $n=13$ ) – матери, которые только “виртуально изучали” музыку, присутствуя на уроках своих детей в течение  $12,4 \pm 4,2$  лет;

4-ая – “немузыканты” ( $n=45$ ) (Н), то есть лица, музыка для которых занимает не более 10% времени.

Всех женщин репродуктивного возраста, не использовавших гормональные контрацептивы, обследовали через каждые 3–7 дней в течение одного-двух овуляторных циклов. Соответственно, анализ результатов проводился для них на фолликулярной (28–29 день) и лютеиновой (18–26 день) фазах (ФФ и ЛФ) менструального цикла (МЦ), т. е. внутри каждой женской группы образовались подгруппы: “жен.ФФ” и “жен.ЛФ”.

Во второй части работы исследовалась роль биоуправления в оптимизации исполнительской деятельности; здесь участвовали восемь мужчин и четырнадцать женщин музыкантов-преподавателей и учащихся музыкального колледжа и Новосибирской консерватории (по специальностям “фортепиано” и “струнные инструменты”) в возрасте от 18 до 37 лет. В соответствии с основными симптомами и рекомендациями, полученными от преподавателей и психологов консерватории, все обследуемые были разделены на группы:

– БС – музыканты с приобретенным болевым мышечным спазмом (3 мужчин и 5 женщин);

– СВ – лица, страдающие избыточным сценическим волнением (2 мужчин и 4 женщины);

– МЗ – музыканты с синдромом “зжатости” рук (3 мужчин и 3 женщины).

Исследование пространственного порога тактильного различия производилось согласно методу Э. Вебера. Для изучения дифференцирования кожей двух отдельных прикосновений, действующих синхронно, был использован циркуль с раздвижными ножками, концы которых одновременно прикладываются к коже человека в условиях выключенного зрения. Величина пространственного порога определялась минимальным ощущением раздельности прикосновений и исчислялась в миллиметрах расстояния между двумя одновременно прикасающимися ножками циркуля.

Разностные или дифференциальные пороги слуховой чувствительности определялись по различению пациентом минимального прироста (в Гц) частоты звука на высоте 200 Гц.

Регистрация электромиограммы (ЭМГ) осуществлялась с помощью системы БОСЛАБ [4]. Electroды помещались на кожу руки в том месте, где наиболее близко к поверхности расположены мышцы сгибателя пальцев *m.flexor digitorum superficialis*. В данном исследовании проводился анализ интегральной мощности ЭМГ.

Регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ) осуществлялась при помощи электроэнцефалографа фирмы “Мицар” (С.-Петербург). Места наложения электродов были F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, в соответствии с Международной системой 10–20. Амплитуда спектральной плотности ритмов ЭЭГ вычислялась при помощи стандартной программы “Wineeg”, прилагаемой к электроэнцефалографу “Мицар”. Когерентность в этой же программе рассчитывалась по формуле

$$C2xy(f) = (Sxy(f))^2 / (Sxx(f)Syy(f)),$$

где  $Sxy(f)$  – значение кросс-спектра  $Sxx(f)$ ;  $Syy(f)$  – значения автоспектра биопотенциалов сравниваемых точек X и Y на частоте f.

Регистрация параметров ЭЭГ производилась при трех последовательных состояниях испытуемых:

- “Фон”-спокойное бодрствование. Обследуемые находились в положении сидя с закрытыми глазами, расслабленной мимической мускулатурой, опорой на ступни;
- “Музыкальная перцепция”. Обследуемые с закрытыми глазами в состоянии покоя прослушивали музыкальный фрагмент (адажио из балета П.И. Чайковского “Щелкунчик”);
- “Задача движения пальцев в соответствии с ритмическим рисунком мелодии”. Обследуемым предлагалось осуществлять поочередно движения пальцами левой и правой рук, имитируя исполнение мелодии на своем инструменте.

Во второй части исследования трехэтапную процедуру регистрации ЭЭГ проводили до и по окончании курсов биоуправления.

*Электромиографическое-электроэнцефалографическое биоуправление.* Сеансы биоуправления проводились с помощью программно-аппаратного комплекса БОСЛАБ. Протокол сеансов биоуправления определялся согласно установленной во время фонового исследования индивидуальной ЭЭГ-ЭМГ размерности исполнительского паттерна.

При обучении музыкантов группы БС использовалась специально разработанная методика индивидуального контроля физической нагрузки по ЭМГ (10, 23) и одновременного мониторинга и контроля высокочастотного (от 10 до 14 Гц) диапазона альфа- и SMR-параметров [31, 33]. Группа СВ проходила типичный для больных с синдромом ситуационного триллинга низкочастотный (7–9 Гц) альфа-тренинг [20]. Сочетание альфа-SMR-ЭМГ-биоуправления было использовано для группы МЗ. Для музыкантов-исполнителей на фортепиано и струнных инструментах проводились одномоментные сессии альфа-SMR- ЭМГ-тренинга. Основным условием тренингов было достижение легкости в исполнении трудных технических мест без боли и дискомфорта. Ес-

тественно, использовались рекомендации педагогов по развитию технических навыков исполнения.

Индивидуальные (30-минутные) сессии включали мониторинг индивидуальных технических особенностей исполнителя; обучение его технике самоконтроля ЭЭГ показателей (по мощности альфа, SMR, соотношения тета/бета-ритмов) и технике рационального игрового движения, контролируемого ЭМГ показателями, т. е. достижение такого статуса исполнения, когда минимальная мощность ЭМГ-параметров сочетается с максимальной мощностью альфа-, SMR-ритмов.

Успешность сеансов и сессии оценивалась отношением (в процентах) достигнутого уровня ЭЭГ-, ЭМГ-параметров к исходному.

*Статистический анализ данных.* Спектры мощности и когерентность ЭЭГ усреднялись по частоте в 14 диапазонах: 3,5–5, 5–6, 6–7, 7–7, 8–9, 9–10, 10–11, 11–12, 12–13, 13–14, 14–15, 15–18, 18–22, 22–25, 25–30 Гц и сравнивались с помощью непараметрического критерия Фишера. Для сравнения результатов, полученных при обследовании разных групп, применялся стандартный пакет компьютерных программ “Statistica”.

**Результаты.** *Параметры оптимального функционирования музыкантов-исполнителей.* Определение “размерности” оптимального функционирования музыканта-исполнителя проводилось путем сравнения групп музыкантов разной степени мастерства и немусыкантов. В среднем все исследуемые группы имели одинаковые значения артериального давления, частоты сердечных сокращений, динамику изменения температуры тела в зависимости от МЦ обследуемых женщин.

Наиболее низкий порог дифференциальной слуховой чувствительности и пространственного тактильного различия отмечался в группах мужчин и женщин ММ – музыкантов исполнителей высокого ранга (рис. 1). Все виды чувствительности зависели также от фазы МЦ (на ЛФ порог был выше, чем на ФФ) в обеих группах – у женщин-немусыкантов (Н и РМ) и женщин-музыкантов-теоретиков.

Показатели интегральной мощности ЭМГ мышцы сгибателя пальцев *m.flexor digitorum superficialis* во время движения пальцев левой руки были наименьшими в группе мастеров-музыкантов (рис. 2). Исходные значения интегральной мощности ЭМГ во всех трех группах музыкантов с нарушениями игрового движения были одинаково высокими (23±5 мВ).

Средние показатели мощности альфа1-ритма (от 8 до 10 Гц) во всех изучаемых областях мозга, мощность бета 1-ритма (14–19 Гц) в С4 и С3 и мощность бета 2-ритма (20–25 Гц) в С4 в группах музыкантов были выше, чем в группе немусыкантов.

Межполушарная когерентность альфа- и высокочастотных ритмов и между лобными и центральными отведениями в группе ММ (коэффициенты когерентности – от 0,7 до 0,9) превосходила аналогичные показатели группы Н (от 0,3 до 0,6).

Показатели индексов всех диапазонов альфа-ритма были самые высокие в группе высокопрофессиональных музыкантов-исполнителей ММ (рис. 3), а индексы альфа-ритма низкочастотных диапазонов были выше в группе ТМ, чем в группах немусыкантов. Во всех трех группах музыкантов с психосоматическими нарушениями оптимальное процентное соотношение альфа-рит-

мов по сравнению с бета- и тета-ритмами нарушено в сторону снижения индекса альфа- и SMR-ритмов. Тета/бета соотношение оказалось наибольшим в группе МЗ ( $=2,5 \pm 0,4$ ) и наименьшим – в группе БС ( $=0,7 \pm 0,2$ ).

Мощность альфа-ритмов во всех отведениях значительно увеличивалась в процессе прослушивания кантиленного музыкального фрагмента у лиц с наибольшей амплитудой ритмов в диапазоне 7–10 Гц на фоновой ЭЭГ. У нем музыкантов с преобладающим в фоне диапазоном ритмов 10–13 Гц мощность альфа-ритмов либо не увеличивалась, либо даже снижалась. У женщин групп Н, РМ и ТМ реакция альфа-ритма зависела от фазы менструального цикла (на ФФ увеличивалась мощность альфа, на ЛФ не изменялась или даже снижалась). В группе высокопрофессиональных музыкантов (ММ) мощность альфа-ритма при прослушивании музыки увеличивалась во всех диапазонах и не зависела от фазы менструального цикла у женщин (рис. 4).

Мощность альфа- (рис. 5) и SMR-ритмов в диапазоне от 7 до 14 Гц в ответ на движение пальцев снижалась у всех обследуемых, за исключением группы ММ. У нем музыкантов снижение мощности ритмов в диапазоне 10–13 Гц было наиболее выраженным (особенно у женщин-музыкантов на фолликулярной фазе цикла); при этом интегральная мощность ЭМГ была наибольшей (рис. 2).

*Биоуправление в оптимизации функционирования музыканта-исполнителя.* Первые сеансы биоуправления у музыкантов были направлены на обучение мониторингованию и произвольному контролю уровня одного

какого-либо параметра ЭЭГ, ЭМГ или пульса. Таких сеансов требовалось от 1 до 3. Затем учащемуся предлагалось контролировать одновременно два параметра (например: уровень мощности альфа-ритма, зарегистрированной в точке С4, и показатели интегральной мощности ЭМГ).

Успешность сеанса альфа-ЭМГ-тренинга определялась степенью увеличения мощности альфа- и SMR-ритмов при одновременном снижении интегра-

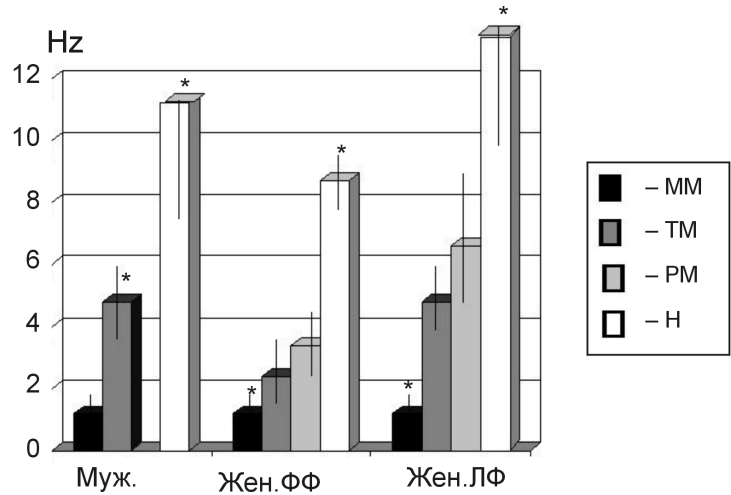


Рис. 1. Средний звуковой интервал (Гц), который идентифицировался пациентом из группы ММ – музыкантов-исполнителей – лауреатов международных конкурсов; ТМ – музыкантов теоретических специальностей; РМ – нем музыкантов (родителей детей музыкантов-исполнителей); Н – нем музыкантов.

\* – уровень различий  $<0,05$ ; ФФ – фолликулярная фаза, ЛФ – лютеиновая фаза

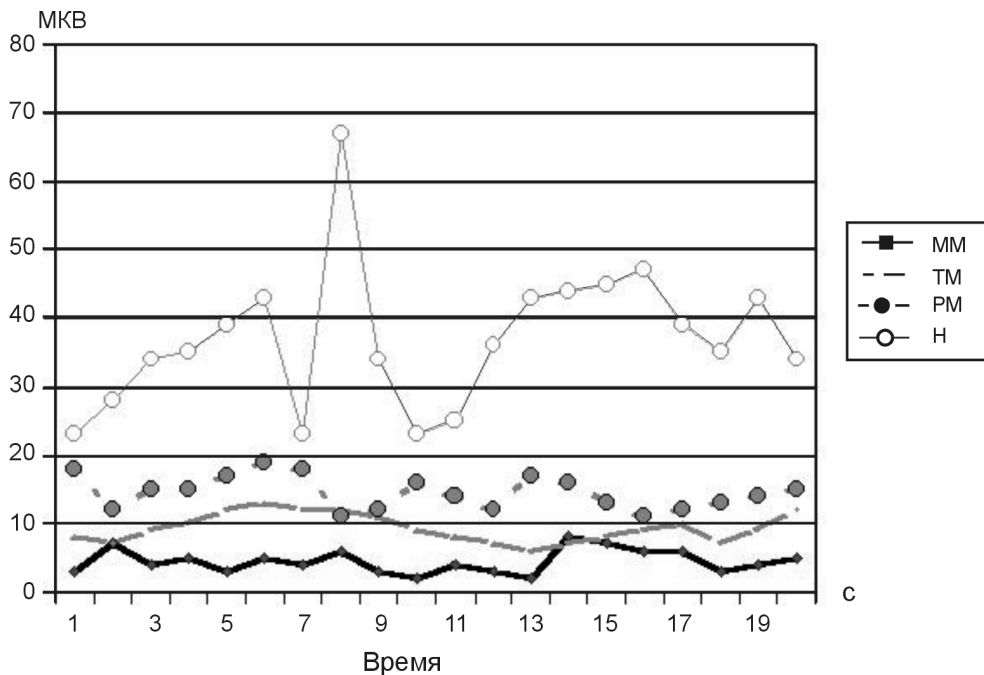


Рис. 2. Показатели интегральной мощности электромиографических показателей мышцы сгибателя пальцев m.flexor digitorum superficialis во время движения пальцев левой руки (обозначения сравниваемых групп те же, что в рис. 1)



льной мощности ЭМГ. Успешность одновременного контроля за ЭЭГ- и ЭМГ-параметрами представлена на рис. 6. Наибольшего прироста (в процентах от исходного уровня) суммарной мощности альфа-ритмов с частотным диапазоном от 7 до 13 Гц добивались музыканты группы БС (с профессиональным мышечным спазмом). У женщин этой группы, а также группы МЗ (с мышечным “зажатием”), сеанс альфа-тренинга проходил успешнее, если он выпадал на период 18–26-го дня лютеиновой фазы, чем на фолликулярной фазе цикла. Эффективность ЭМГ-тренинга на лютеиновой фазе цикла у женщин была выше, чем на фолликулярной (рис. 2 и 5). Успешность альфа-тренинга в группе музыкантов с синдромом СВ (сценическое волнение) была такой же, как у лиц из группы БС, но женщины достигали большего прироста мощности альфа-ритмов на фолликулярной фазе цикла. Наименее успешно с первыми сеансами альфа-тренинга справлялись музыканты из группы МЗ.

Изменения индексов альфа-ритма в результате 18–20 сеансов биоуправления в трех исследуемых группах, характеризующиеся нарушениями функционирования исполнительского движения, демонстрирует рис. 7. Как видно из данного рисунка, наименьшего успеха в увеличении мощности альфа-ритмов добились учащиеся с изначально не рационально организованным исполнительским аппаратом из группы МЗ, наибольшего – достигли профессиональные музыканты из группы БС. Они же легче всего добивались успеха в обучении самоконтролю по другим ЭЭГ-ритмам.

Наилучшие результаты были достигнуты при одновременном сочетании всех видов тренинга в течение сеанса биоуправления. Изменением мощности биоэлектрических потенциалов мозга в необходимом направлении музыканты научились приводить себя в статус оптимального функционирования: добиваясь оптимального соотношения низко- и высокочастотных диапазонов альфа- и SMR-ритмов, они достигали состояния эмоционального подъема без чрезмерной тревоги, обучаясь поддерживать оптимальное соотношение тета/бета-ритмов, – приходили в состояние свободного контроля за слухомоторной координацией. После достаточно длительного периода тренинга (от 30 до 40 сеансов) обследуемые музыканты приобретали навыки саморегуляции в исполнительской деятельности. Повторные курсы тренинга, состоящие из 2–3 сеансов, требовались только для студентов, испытывающих сценическое волнение.

**Заключение.** Известно, что “размерностью” музыкальных исполнительских способностей являются параметры интонационной чувствительности и музыкальной перцепции, тонического напряжения мышц и мозговой организации исполнительского аппарата, реактивности на музыкальные и двигательные стимулы. На основании анализа результатов первой части исследования можно сделать вывод, что наиболее оптимальный статус фун-

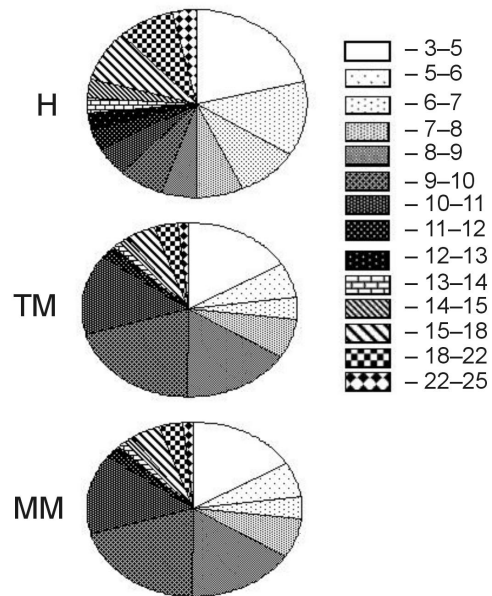


Рис. 3. Процентное соотношение спектральной мощности (индексы) частотных диапазонов ритмов, зарегистрированных в F4 отведении (обозначения сравниваемых групп те же, что в рис. 1)

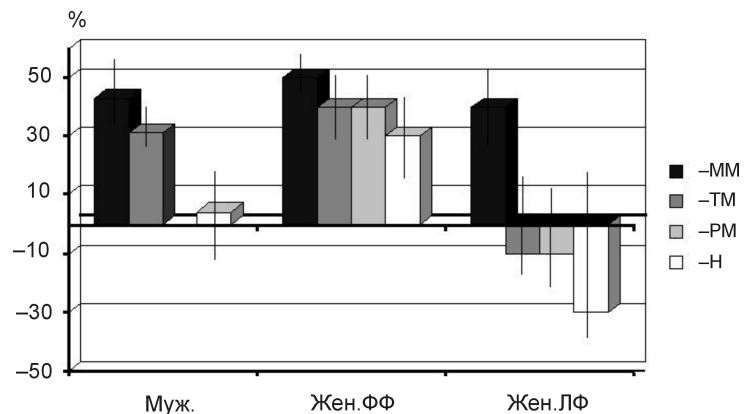


Рис. 4. Прирост (в процентах к фоновому значению) мощности альфа-ритмов в F4 отведении при музыкальной перцепции (обозначения сравниваемых групп те же, что в рис. 1)

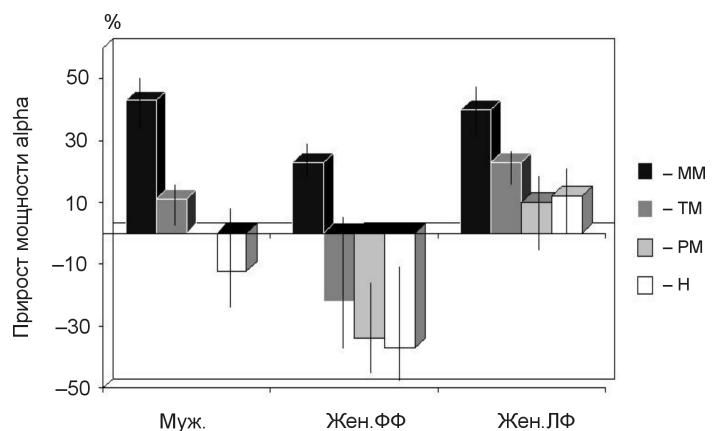


Рис. 5. Изменение (в процентах к фоновому уровню) мощности альфа-ритмов в процессе движения пальцев в соответствии с ритмическим рисунком прослушиваемой мелодии (обозначения сравниваемых групп те же, что в рис. 1)

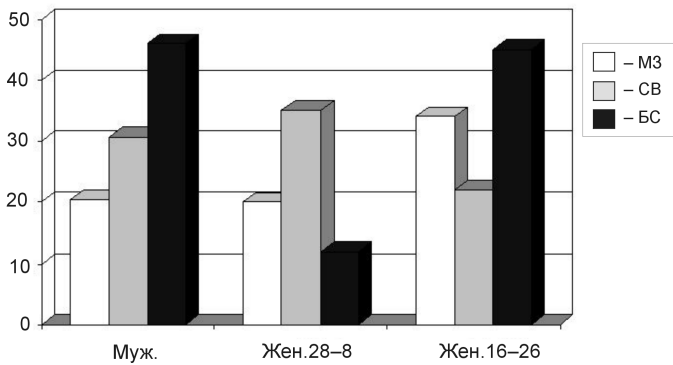


Рис. 6. Средний прирост (в процентах к исходному уровню) мощности альфа-ритмов в результате первых 30-минутных сессий ЭЭГ-ЭМГ-тренинга в группах BC – музыкантов с синдромом профессионального мышечного спазма; CB – студентов-музыкантов, испытывающих синдром сценического волнения; M3 – музыкантов с синдромом “зажатости” исполнительского движения

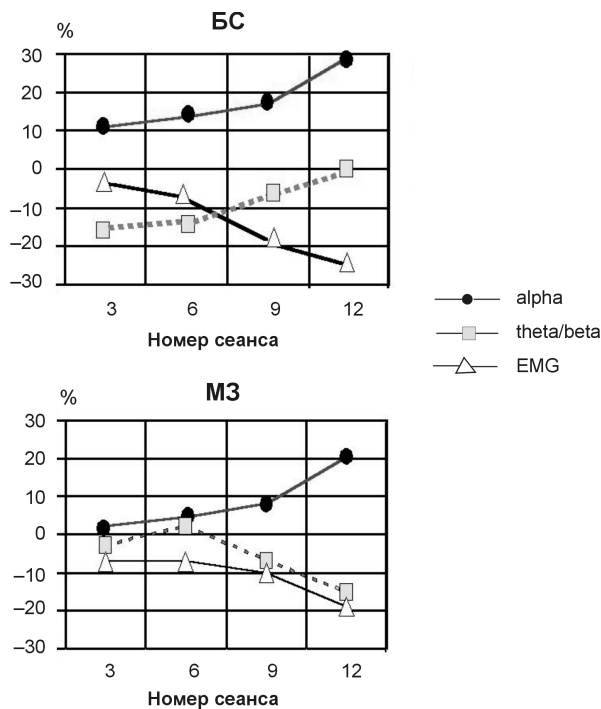


Рис. 7. Динамика изменения мощности ЭМГ, альфа и отношения тета/бета в процессе 12 сеансов биоуправления в группах BC – музыкантов с синдромом профессионального мышечного спазма и M3 – музыкантов с синдромом “зажатости” исполнительского движения

кционирования музыканта-исполнителя имеет следующие характеристики:

- низкий порог чувствительности;
- минимальную активность мышц, не участвующую непосредственно в игровом движении;
- высокую мощность альфа- и SMR-диапазонов ЭЭГ, свидетельствующую о минимальной активации премоторных и моторных зон коры головного мозга;
- высокую степень сознательного контроля и саморегуляции.

Снижение порога дифференциальной слуховой чувствительности в группах музыкантов, имеющих значительный практический опыт музыкальной перцепции, является фактом предсказуемым и подтвержденным многочисленными исследованиями [12, 15, 35, 37]. Об этом же свидетельствуют наши данные, что наибольшему опыту исполнительской деятельности (в группах музыкантов) соответствуют наименьший порог различения музыкального интервала и наибольший прирост мощности альфа в ответ на восприятие музыки (рис. 1, 3).

В настоящем исследовании впервые было показано, что у женщин из групп Н, ТМ, и РМ интонационная чувствительность наибольшая на фолликулярной фазе цикла, наименьшая – на лютеиновой, что можно объяснить влиянием гормонального статуса на процессы слухового восприятия [26, 33]. Также впервые мы получили доказательства того, что интонационная чувствительность зависит не только от опыта музыкальной перцепции и гормонального статуса, но и от степени произвольного контроля за этим параметром (средний порог дифференциальной слуховой чувствительности в группе немужиков (Н) значительно выше, чем в группе родителей музыкантов (РМ), – людей, вынужденных несколько лет быть вовлеченными в процесс контроля музыкальной интонации у своих детей-музыкантов).

Опытные педагоги, методисты преподавания технических приемов музыкального исполнения считают “свободу” исполнения одним из важнейших условий организации игрового движения [6, 8, 11]. Известно, что свобода исполнительского аппарата определяется степенью тонического напряжения мышц, не участвующих в игровом движении, и способностью моторных зон коры мозга к его рациональной организации [3, 25, 28]. Результаты мониторинга ЭМГ-параметров тонического напряжения мышц, не участвующих в игровом движении (рис. 2) демонстрируют факт, что этот параметр зависит:

- от опыта музыкальной исполнительской деятельности (наибольшее тоническое напряжение мышц отмечалось у немужиков, наименьшее – в группе ММ – наиболее искусных музыкантов-исполнителей (рис. 2, 4), что согласуется с данными других авторов [3, 10, 23]);
- гормонального статуса, что было показано при сравнении групп женщин на разных фазах менструального цикла (рис. 4);

– способности к произвольному контролю (у родителей музыкантов (группа РМ), виртуально изучавших технику исполнения, ЭМГ показатели были ниже, чем в группе нем музыкантов (Н), не имеющих опыта когнитивной деятельности по организации игрового движения).

Ещё одним доказательством, подтверждающим сделанное выше заключение, является высокое тоническое напряжение, отмечаемое у лиц с недостаточным опытом исполнительской деятельности или не рационально организованным исполнительским аппаратом (группа МЗ) с нарушениями систем саморегуляции (группы БС и СВ).

Согласно данным литературы [12, 13, 23] и нашим предыдущим исследованиям [2, 19], электроэнцефалографические предикторы музыкальных исполнительских способностей определяются величинами когерентности, индексов и мощности альфа- и SMR-диапазонов, которые также являются показателями степени комфортности, способности к самоконтролю и саморегуляции [18, 14, 22]. Эти ЭЭГ-параметры, как и обсуждаемые выше музыкальная перцепция и тоническое напряжение мышц, зависят:

– от опыта практической деятельности: в группе ММ (высокопрофессиональных музыкантов-исполнителей) ЭЭГ-признаки музыкальных способностей – индексы альфа- и SMR-ритмов (рис. 3); межполушарная когерентность альфа- и бета-ритмов; увеличение мощности альфа-ритмов в ответ на музыкальную перцепцию (рис. 4) и на задачу движения пальцев рук (рис. 5) – выражены наиболее ярко, что согласуется с данными литературы [13, 19, 34];

– гормонального статуса: у женщин на фолликулярной фазе, характеризующейся низкой концентрацией эстрогенов и прогестин, ЭЭГ-параметры исполнительских музыкальных способностей выражены слабее, чем на лютеиновой, когда уровень гормонов повышен. Наши результаты согласуются с исследованиями М. Hassler и С.М. Contreras, показавших зависимость ЭЭГ-параметров когнитивной деятельности от фазы менструального цикла [26, 33];

– степени сознательного контроля: в группе нем музыкантов РМ (родителей детей профессиональных музыкантов, которые “изучали” технику исполнения виртуально) ЭЭГ-признаки музыкальных способностей выражены так же, как в группе ТМ (музыкантов-теоретиков), и лучше, чем в группе Н (нем музыкантов).

Таким образом, психофизиологические характеристики, определяющие успешность в исполнительской музыкальной деятельности, могут быть развиты по мере приобретения опыта и поддаются произвольному контролю сознания при соответствующих условиях нейрогормонального статуса.

Исследуемые во второй части музыканты всех трех групп с психосоматическими нарушениями обратились за помощью в связи с тем, что у них по той или иной причине ощущалось избыточное тоническое напряжение мышц во время игрового движения; исходные данные ЭМГ были одинаково высокими во всех трех группах. Однако в связи с тем, что причины, вызвавшие повышенный мышечный тонус у них были различными, мы зарегистрировали разный ЭЭГ-паттерн в трех исследуемых группах. Известно, что способность к самоконтро-

лю, степень концентрации внимания характеризуются соотношением низкочастотных и высокочастотных диапазонов ЭЭГ [20, 21, 32, 33]. Поскольку этот параметр был наименьшим в группе профессиональных музыкантов с болевым мышечным спазмом, эти испытуемые, с одной стороны, постоянно находились в состоянии напряжения, но с другой – им было легче остальных овладеть технологией биоуправления. Наибольшие трудности в обучении самоконтролю отмечались у музыкантов группы МЗ (рис. 7).

В группу СВ вошли пациенты, у которых симптомы “зажатости” рук возникали непосредственно перед выходом на сцену. Анамнез этих испытуемых свидетельствует о повышенной раздражительности, плаксивости, неуверенности в своих силах. На ЭЭГ для них характерны признаки слабости нервных процессов и недостаточности систем саморегуляции (увеличение мощности низкочастотного и высокочастотного диапазонов при снижении мощности альфа-ритмов) [5, 7]. Иными словами, все три группы музыкантов нуждались в обучении произвольному контролю снижения интегральной мощности ЭМГ и, наоборот, увеличения мощности альфа- и SMR-диапазонов ЭЭГ.

Первые же сеансы биоуправления продемонстрировали индивидуальные различия, которые необходимо было учитывать при проведении ЭМГ ингибирующего и альфа-SMR-стимулирующего тренинга и от которых зависела эффективность сеанса. Так, успешность проведения биоуправления по ЭМГ и сеансов SMR-тренинга зависела от гормонального статуса и изначального соотношения ритмов ЭЭГ. Сделанные нами выводы о зависимости эффективности сеансов биоуправления у женщин от фазы цикла согласуются с известными представлениями о различиях психомоторных и когнитивных психофизиологических характеристик женщин на разных стадиях менструального цикла [19, 26, 33].

Полученная нами зависимость эффективности сеансов биоуправления от исходного частотного распределения мощности биотоков согласуется с результатами исследования И.А. Святогор [9] и может быть объяснена известными фактами, что лицам с преобладанием низкочастотного диапазона ЭЭГ-ритмов (женщинам на фолликулярной фазе или музыкантам из группы СВ) труднее обучаться приемам самоконтроля, слухомоторной координации, чем лицам с доминирующим альфа 2- и SMR-диапазонами [19, 26, 36].

**Выводы.** Определены параметры оптимального функционирования музыканта-исполнителя: повышенная интонационная музыкальная перцепция, способность к самоконтролю слухомоторной координации, рациональная организация игрового движения, которые выражаются в преобладании альфа- и SMR-ритмов ЭЭГ, снижении интегральной мощности мышц, не участвующих непосредственно в игровом движении.

Психомоторная дисфункция исполнительской деятельности, связанная с нарушениями оптимального функционирования, поддается коррекции с помощью технологии биоуправления.

Успешность и характер разрабатываемых в процессе биоуправления индивидуальных поведенческих моделей зависят от исходных психофизиологических, генетических и социальных особенностей данного пациента, условий проведения сеансов.



**BIOFEEDBACK IN EXCEPTIONAL FUNCTIONING OF THE MUSICAL PERFORMANCE**

**O.M. Bazanova, M.B. Shtark**

Optimal functioning of musical abilities can coincide with types of attention, musical perception, sensoromotor coordination, levels of arousal, states of consciousness, creativity. Aspects of high dimensionality include flexibility (including motor-skills), fluidity, sensitivity, creativity and fineness of control and detected as low power of EMG and high power alpha and SMR bands of EEG. Low, on the other hand, are predictable, rigid, and inflexible. In musicians, low dimensionality is directly linked with stage anxiety, sickness, and musculoskeletal disorders. In music performing musicians can experience health problems from high physical and psychological demands of their profession painful, chronic and disabling conditions, which are prevalent among classical musician disorders. Dimensionality is a key to a vast network of interlocked and interdependent systems that make up the whole mind and body. Dimensionality, and learning to self-regulate or alter it, can be a key to optimal functioning of professional musicians.

The aims of our study were two-fold. First, we aimed to determine dimensional states in musicians with opportunity to define musical abilities in EEG and EMG pattern markers. Second, we sought to understand how these patterns could be regulated intentionally by neurofeedback technology (NF).


Firstly 42 men and 51 women (from 19 to 45) were investigated in order to determine the dimensional states of musical abilities with the opportunity to define EEG-EMG pattern markers of skills. Then 22 subjects were trained on EMG, SMR and alpha protocols with resting and on-task spectral EEG measures assessed before and after training. The specific associations between learning indices of each individual training protocol and changes in brain waves absolute and relative activity levels in 11 scalp regions were assessed by means of partial correlation analyses. Changing of bioelectric activity of a brain in a needed direction, a person learns to bring him/herself into a steady condition of quiet wakefulness and comfort without relaxants. As a result of EEG-training the achieved alpha-SMR condition 'erases' spasm-productive patterns in the brain. After a prolonged training course based on EMG+EEG biofeedback a person can use self-regulation skills in daily musical activity and also on the stage. Control of dimensionality is a learnable skill. Body-mind technologies can facilitate and accelerate learning of this skill.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Альфа-тета-тренинг в лечении аддиктивных расстройств / А.Б. Скок, О.С. Шубина, О.А. Джафарова, Е.Г. Веревкин // Биоуправление-3: теория и практика / Под ред. М.Б. Штарка, Р. Колла. Новосибирск, 1998. С. 180–182.
2. Базанова О.М. Возможность использования метода электроэнцефалографического картирования в диагностике музыкальной одаренности / О.М. Базанова // Биоуправление-4: теория и практика / Под ред. М.Б. Штарка, Р. Колла. Новосибирск, 2002. С. 311–318.
3. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активации / Н.А. Бернштейн. М., 1966. 387 с.
4. Джафарова О.А. Компьютерные системы биоуправления: тенденции развития / О.А. Джафарова, М.Б. Штарк // Медицинская техника. 2002. № 1. С. 34–35.
5. Индивидуально-типологические особенности базовых свойств личности в норме и их ЭЭГ-корреляты / О.И.

- Иващенко, А.В. Берус, А.Б. Журавлева, В.В. Мямлин // Физиология человека. 1999. Т. 25. № 2. С. 46–55.
6. Назаров И.Т. Основы музыкально-исполнительской техники и метод её совершенствования / И.Т. Назаров. Л., 1969. 186 с.
7. Небылицын В.Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий / В.Д. Небылицын. М., 1976. 336 с.
8. Психология музыкальной деятельности: теория и практика / Под ред. Г.М. Цыпина. М., 368 с.
9. Святогор И.А. Нейрофизиологические, психологические и клинические аспекты биоуправления потенциалами мозга у больных с дезадаптационными расстройствами / И.А. Святогор, И.А. Моховикова // Биоуправление-4: теория и практика / Под ред. М.Б. Штарка, Р. Колла. Новосибирск, 2002. С. 311–318.
10. Талалай Б.И. Проблема управления мышечными напряжениями / Б.И. Талалай // Вопросы совершенствования преподавания игры на оркестровых инструментах: Учебное пособие по курсу методики для музыкальных учебных заведений / Под ред. М.М. Берляничик. М., 1978. С. 69–79.
11. Шульпяков О.Ф. Техническое развитие музыканта-исполнителя / О.Ф. Шульпяков // Проблемы методологии. Л., 1973. 283 с.
12. A Timbre-specific enhancement of auditory cortical representations in musicians / Ch. Pantev, L.E. Roberts, M. Schulz et al. // NeuroReport. 2001. Vol. 12. P. 1–6.
13. An fMRI study of bimanual coordination / G. Schlaug, L. Jancke, Y. Huang, H. Stewstletz // Science. 1995. Vol. 267. P. 699–701.
14. Baeck E. The neural networks of music / E. Baeck // European Journal of Neurology. 2002. Vol. 9. Issue 5. P. 449.
15. Benguerel A.P. Absolute pitch and perception of sequential music intervals / A.P. Benguerel, C. Westdal // Music Percept. 1991. Vol. 9. P. 105–120.
16. Birbaumer N. Comparison of the efficacy of Electromyographic biofeedback, cognitive-behavioral therapy, and conservative medical interventions in the treatment of chronic musculoskeletal pain / N. Birbaumer, H. Flor // Journal of Consulting and Clinical Psychology. 1993. Vol. 61. P. 653–658.
17. Clark D.B. The assessment and treatment of performance anxiety in musicians / D.B. Clark, W.S. Agras // American Journal of Psychiatry. 1991. Vol. 148. P. 598–605.
18. Cytawa J. The state of pleasure and its role in the instrumental conditioning / J. Cytawa, W. Trojnyri // Acta Nervosa Superior. 1976. Vol. 18. № 1–2. P. 92.
19. Dimensionality and exceptional functioning of the musical creativity and performance / O.M. Bazanova, A.V. Gvozdev, F.A. Mursin et al. // Proceedings of 3<sup>rd</sup> Conference "Understanding and creating music". Napole, 2003. Vol. 3. P. 11–15.
20. Egner T. Learned self-regulation of Electroencephalograph frequency components affects attention and event related brain potentials in humans / T. Egner, S. Gruzelier // Neuroport. 2001. Vol. 2. № 18. P. 4155–4159.
21. Freeman R.D. Special education and the electroencephalogram: Marriage of convenience / R.D. Freeman // Journal of Special Education. 1967. Vol. № 2. P. 61–73.
22. Gusnard D.A. Searching for a baseline: functional imaging and the resting human brain / D.A. Gusnard, M.E. Raichle // Nat. Rev. Neurosci. 2001. № 2. P. 685–694.
23. Hale M. Using Biofeedback to Reduce Left Arm Extensor EMG of String Players During Musical Performance / M.



- 
- Hale // Biofeedback and Self Regulation. 1981. Vol. 6. № 4. P. 565–572.
24. Hale M. Effects of EMG biofeedback / M. Hale // Perceptual and Motor Skills. 1987. Vol. 65. № 3. P. 855–859.
  25. Hale M. Psychological Skills for Enhancing Performance: Arousal Regulation Strategies / M. Hale // Medicine and Science in Sports and Exercise. 1994. Vol. 26. № 4. P. 478–485.
  26. Hassler M. Creative musical behavior and sex hormones: musical talent and spatial ability in two sexes / M. Hassler // Psychoneuroendocrinology. 1992. Vol. 17. № 1. P. 55–70.
  27. Hutchison M. Megabrain: New Tools and Techniques for Brain Growth and Mind / M. Hutchison // Megabrain report. 1998. Vol. 1. № 2. P. 360–382.
  28. Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender / L. Jancke, M. Peters, M. Himmelbach et al. // Neuropsychologia. 2000. Vol. 38. № 2. P. 164–174.
  29. Cognitive and behavioral therapy for musical-performance anxiety / M.J. Kendrick, K.D. Craig, D.M. Lawson, P.O. Davidson // Journal of Consulting and Clinical Psychology. 1982. Vol. 50. P. 353–362.
  30. Miller C. What Makes a Good Performance? Tell us your Favourite Flute Fancy / C. Miller Web Publishing 2002 [Electronic resource]. <http://www.mostlywind.co.uk/psyc-link.html>
  31. Nagel J. Cognitive-behavioural treatment of musical performance anxiety / J. Nagel, D. Himle, J. Papsdorf // Psychology of Music. 1989. Vol. 17. P. 12–21.
  32. Petsche H. EEG aspects of musical thinking: listening, imagining and composing / H. Petsche, S.C. Etlinger // High Ability Studies. 1998. Vol. 9. № 1. P. 101–113.
  33. Relations between anxiety, psychophysiological variables and menstrual cycle in healthy women / C.M. Contreras, M.L. Marvan, V. Alcala-Herrera, A. Yeyha // Bol Estud Med Biol. 1989. Vol. 37. № 1–2. P. 50.
  34. The musician's brain: functional imaging of amateurs and professionals during performance and imagery / G.M. Lotze, H.-R. Schelera, M. Tand et al. // Neuroimage 2003. Vol. 20. Issue 3. P. 1817–1829.
  35. Topographic EEG activations during timbre and pitch discrimination tasks using musical sounds / P. Auzou, F. Eustache, P. Etevenon et al. // Neuropsychologia. 1995. Vol. 33. № 1. P. 25–37.
  36. Wickramasekera Lan. How Does Biofeedback Reduce Clinical Symptoms and Do Memories and Beliefs Have Biological Consequences? Toward a Model of Mind-Body Healing / Lan Wickramasekera // Applied Psychophysiology and Biofeedback. 1999. Vol. 24. № 2. P. 123–128.
  37. Wilson S.J. The representation of tonality and meter in children aged 7 and 9 / S.J. Wilson, R.J. Wales, P. Pattison // Journal of Experimental Child Psychology. 1997. Vol. 64. Iss 1. P. 42–66.